

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 10-107369

(43)Date of publication of application : 24.04.1998

(51)Int.Cl.

H01S 3/18

(21)Application number : 08-257881

(71)Applicant : SHARP CORP

(22)Date of filing : 30.09.1996

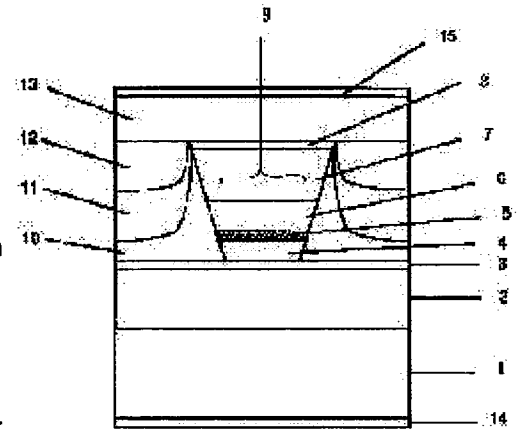
(72)Inventor : MATSUMOTO AKIHIRO  
OBAYASHI TAKESHI

## (54) SEMICONDUCTOR LASER DEVICE

### (57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide a useful semiconductor laser device which has a clad layer that is sufficiently enhanced in forbidden band width, so as to restrain useless current induced by carrier leakage from an active layer into the clad layer and lessen in operating current by a method wherein the clad layer is made to contain Al.

**SOLUTION:** A semiconductor laser device is equipped with a first conductivity-type first clad layer 2, an active layer 5, and a second conductivity-type second clad layer 7 formed on a first conductivity-type GaAs substrate 1, a mesa stripe 9 formed in a region which comprises the active layer 5 and the second clad layer 7, and a first, a second, and a third current stop layer, 10, 11, and 12, provided outside the mesa stripe 9, wherein the active layer 5 is formed of Al-free InGaAsP, and the clad layers 2 and 7 contain Al. A first guide layer 4 and a second guide layer 6 which are smaller than the clad layers 2 and 7 in forbidden band width or a protecting layer 3 smaller than the first clad layer 2 in forbidden band width is provided.



**\* NOTICES \***

JPO and INPIT are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.\*\*\* shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

---

**CLAIMS**

---

[Claim(s)]

[Claim 1]On a GaAs substrate of the 1st conductivity type, it is the 1st cladding layer of the 1st conductivity type at least.

An active layer.

It has the 2nd cladding layer of the 2nd conductivity type, a field which contains said active layer and the 2nd cladding layer at least consists of a mesa-like field, and it is a current blocking area in the exterior of this mesa-like field.

It is the semiconductor laser element provided with the above, said active layer comprises InGaAsP which does not contain aluminum, and said 1st and 2nd cladding layer contains aluminum at least.

[Claim 2]A semiconductor laser element which provides the 1st and 2nd guide layer whose forbidden-band width is smaller than the 1st and 2nd cladding layer respectively in both sides of said active layer in the semiconductor laser element according to claim 1, and is characterized by things.

[Claim 3]A semiconductor laser element which provides a protective layer whose forbidden-band width is smaller than the 1st cladding layer on the 1st cladding layer in the semiconductor laser element according to claim 1 or 2, and is characterized by things.

[Claim 4]A semiconductor laser element which forbidden-band width of said protective layer abbreviates to forbidden-band width of said active layer, is in the semiconductor laser element according to claim 3, and is characterized by things.

[Claim 5]In the semiconductor laser element according to claim 1, 2, 3, or 4, at least a current blocking area of the exterior of said mesa-like field The 1st current blocking layer, A semiconductor laser element, wherein it has the 2nd current blocking layer formed in the outside of this 1st current blocking layer, forbidden-band width of said 1st current blocking layer is larger than forbidden-band width of said active layer and forbidden-band width of said 2nd current blocking layer is smaller than forbidden-band width of said active layer.

---

[Translation done.]

\* NOTICES \*

JPO and INPIT are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

---

DETAILED DESCRIPTION

---

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Field of the Invention] This invention relates to the semiconductor laser element used for an optical disc, a laser beam printer, optical transmission, etc.

[0002]

[Description of the Prior Art] In the semiconductor laser element used for an optical disc, a near-infrared wavelength range ( $\lambda = 0.75\text{--}0.88$  micrometer) is generally used so that it can condense to fine spot with a lens. Therefore, on a GaAs substrate, the aluminum<sub>x</sub>Ga<sub>1-x</sub>As active layer ( $x = 0.01\text{--}0.20$ ) which comprises double hetero structure is formed, and stripe geometry is used for current and optical confinement. In order to reduce the actuating current of the semiconductor laser for optical discs, the laser of the embedding hetero structure which formed the mesa stripe in the field containing an active layer, grew by having embedded by the semiconductor layer and formed the hetero-junction is proposed until now.

[0003] It embeds at drawing 6 and the conventional example of the laser of hetero structure is shown. On n-GaAs substrate 1, n-aluminum<sub>x</sub>Ga<sub>1-x</sub>As ( $x = 0.3\text{--}0.35$ ) The 1st cladding layer 2, n-aluminum<sub>xg</sub>Ga<sub>1-xg</sub>As ( $xg = 0.25\text{--}0.3$ ) The guide layer 4, the aluminum<sub>x1</sub>Ga<sub>1-x1</sub>As ( $x1 = 0.01\text{--}0.06$ ) active layer 5, and the 2nd cladding layer 7 of p-aluminum<sub>x2</sub>Ga<sub>1-x2</sub>As ( $x2 = 0.35\text{--}0.4$ ) are grown up, The mesa stripe 9 in which even the substrate 1 reaches the growth phase containing the active layer 5 is formed, Growth of the 1st current blocking layer 10 of p-aluminum<sub>x3</sub>Ga<sub>1-x3</sub>As ( $x3 = 0.27\text{--}0.32$ ) and the 2nd current blocking layer 11 of n-aluminum<sub>x3</sub>Ga<sub>1-x3</sub>As ( $x3 = 0.27\text{--}0.32$ ) is performed to the exterior of the mesa stripe 9, The SiO<sub>2</sub> film 32 is selectively formed in the mesa stripe 9 surface in addition to Zn diffused layer 31 and the mesa stripe surface, and the electrodes 14 and 15 are formed in the growth phase surface the substrate 1 side.

[0004] Oscillation threshold current of 20 mA is reported by this conventional example.

[0005] In this conventional example, a carrier can be efficiently confined in active layer 5 inside by the hetero-junction of the active layer 5 which comprises the mesa-like stripe 9, and the embedded layers 10 and 11 of the exterior. Therefore, the increase of actuating current by the carrier injected into the inside of the active layer 5 being spread out of a luminous region can be prevented, and reduction of actuating current is attained.

[0006]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] In the semiconductor laser element of a conventional example, the double hetero structure containing the AlGaAs active layer 5 is grown up on GaAs substrate 1, and the mesa stripe 9 is formed in the field which contains the active layer 5 in the atmosphere. Since aluminum is included in the active layer 5, the active layer of a mesa flank oxidizes. Since removal of oxygen of the active layer 5 of the mesa stripe 9 side is difficult when embedding the exterior of the mesa stripe 9 by a semiconductor layer and forming hetero-junction in double, the nonluminescent recombination level resulting from oxidation is formed in the active layer 5 near a joining interface. If carrier injection is performed to the active layer 5 and laser oscillation is produced in this state, in order that a carrier may carry out nonluminescent recombination, in the active layer 5 of the mesa stripe 9

side, the reactive current which does not contribute to laser oscillation will occur. On the basis of the nonluminescent recombination level formed during energization at the active layer 5 of the mesa stripe 9 side, a crystal defect occurs and the further increase of the reactive current arises.

[0007]

[Means for Solving the Problem] In order to solve an aforementioned problem, a semiconductor laser element of this invention, On a GaAs substrate of the 1st conductivity type, at least The 1st cladding layer of the 1st conductivity type, In a semiconductor laser element which equips the exterior of this mesa-like field with a current blocking area by having an active layer and the 2nd cladding layer of the 2nd conductivity type, and a field which contains said active layer and the 2nd cladding layer at least consisting of a mesa-like field, Said active layer comprises InGaAsP which does not contain aluminum, and said 1st and 2nd cladding layer contains aluminum at least.

[0008] In the above, a protective layer whose forbidden-band width is smaller than the 1st cladding layer may be provided on the 1st cladding layer at the 1st and 2nd guide layer whose forbidden-band width is smaller than the 1st and 2nd cladding layer respectively, or a pan at both sides of said active layer.

[0009] Abbreviate forbidden-band width of said protective layer to forbidden-band width of said active layer, it is, and its things are desirable, and at least a current blocking area of the exterior of a mesa-like field The 1st current blocking layer, It has the 2nd current blocking layer formed in the outside of this 1st current blocking layer, forbidden-band width of said 1st current blocking layer is larger than forbidden-band width of said active layer, and, as for forbidden-band width of said 2nd current blocking layer, it is desirable that it is smaller than forbidden-band width of said active layer.

[0010] By providing an active layer which comprises InGaAsP which does not contain aluminum on a GaAs substrate as mentioned above, the semiconductor laser element of this invention can control generating of the reactive current resulting from oxidation of aluminum on the surface of an active layer of the mesa stripe side, and can aim at reduction of actuating current. By considering it as a layer which contains aluminum in a cladding layer simultaneously, forbidden-band width of a cladding layer is enlarged enough, and generating of the reactive current resulting from beginning to leak from an active layer to a cladding layer can be controlled.

[0011] By adjoining an active layer and providing a guide layer whose forbidden-band width is smaller than a layer in which Al composition ratio is smaller than the 1st and 2nd cladding layer or a layer which does not contain aluminum, i.e., each cladding layer, Generating of the reactive current resulting from oxidation of aluminum on the surface of a guide layer of the mesa stripe side is controlled, and reduction of actuating current can be aimed at.

[0012] If a protective layer whose forbidden-band width is smaller than the 1st cladding layer is provided at the bottom of a mesa stripe on a protective layer in which Al composition ratio is smaller than the 1st cladding layer or a protective layer which does not contain aluminum, i.e., the 1st cladding layer, Generating of the reactive current resulting from oxidation of aluminum can be controlled, and reduction of actuating current can be aimed at.

[0013] This protective layer can give a function of an etching stopping layer at the time of formation of a mesa stripe, can control precisely thickness of an embedding growth phase of the mesa stripe exterior, and is useful.

[0014] In a semiconductor laser element of this invention, by [ abbreviation etc. spread forbidden-band width of a protective layer on forbidden-band width of an active layer ] setting up, an effect of a saturable absorption layer can be given to a protective layer, and reduction of returned light noise by self-oscillation can be aimed at.

[0015] When a protective layer which has the saturable absorption effect exists only in an inside of a stripe, the saturable absorption effect decreases and self-oscillation becomes difficult to happen by saturation of a carrier generated by optical absorption. On the other hand, if a protective layer which has the saturable absorption effect as mentioned above is made to exist in an inside of a stripe, and the exterior, a carrier further generated by optical absorption inside a stripe can be efficient, and it can be spread in the stripe exterior. For this reason, it is hard to produce absorption saturation of a carrier, and self-oscillation happens easily. When a protective layer which has the saturable absorption effect exists only in an inside of a stripe, optical absorption of basic horizontal microfiche increases and a mixture oscillation of high order horizontal microfiche takes place. On the other hand, since the profit of an active layer inside a stripe is large, a selection oscillation of basic horizontal microfiche can be made for

basic horizontal microfiche and high order horizontal microfiche to be simultaneously influenced by optical absorption, if a protective layer which has the above-mentioned saturable absorption effect is made to exist in an inside of a stripe, and the exterior similarly, but to cause.

[0016]In a semiconductor laser element of this invention, forbidden-band width of the 1st current blocking layer of a current blocking area of the exterior of a mesa stripe is larger than forbidden-band width of an active layer, and it is good for forbidden-band width of the 2nd current blocking layer of the exterior of the 1st current blocking layer to make it smaller than forbidden-band width of an active layer. That is, when basic horizontal microfiche is generally compared with high order horizontal microfiche, the high order horizontal microfiche of a spread of the stripe exterior is larger. Then, by constituting as mentioned above, compared with basic horizontal microfiche, it becomes easy to be influenced by optical absorption in the 2nd current blocking layer, therefore a fundamental transverse mode oscillation with little optical absorption happens, and the high order horizontal microfiche can realize a practically important fundamental transverse mode oscillation.

[0017]

[A mode of implementation of an invention] Hereafter, an example of this invention is described.

[0018]A sectional view of a semiconductor laser element of Example 1 is shown in example 1 drawing 1.

[0019]On p-GaAs substrate 1, the 1st cladding layer 2 (1.2 micrometers of thickness) of p-aluminum<sub>0.6</sub>Ga<sub>0.4</sub>As, The p-GaAs protective layer 3 (0.007 micrometer of thickness), the undoped In<sub>0.48</sub>Ga<sub>0.52</sub>P 1st guide layer 4 (0.01 micrometer of thickness), The undoping In<sub>0.35</sub>Ga<sub>0.65</sub>As<sub>0.40</sub>P<sub>0.60</sub> distortion quantum well active layer 5 (0.005 micrometer of thickness), The undoped In<sub>0.48</sub>Ga<sub>0.52</sub>P 2nd guide layer 6 (0.01 micrometer of thickness), The 2nd cladding layer 7 (1.2 micrometers of thickness) of n-aluminum<sub>0.6</sub>Ga<sub>0.4</sub>As, The n-GaAs cap layer 8 (0.1 micrometer of thickness) is grown up by metal-organic chemical vapor deposition (the MOCVD method) one by one, etching is stopped on the p-GaAs protective layer 3 surface by selective etching, and the mesa stripe 9 (base width of 1 micrometer) is formed.

[0020]The 1st current blocking layer 10 (0.2 micrometer of thickness) of n-aluminum<sub>0.6</sub>Ga<sub>0.4</sub>As, the 2nd current blocking layer 11 (0.6 micrometer of thickness) of p-GaAs, and the 3rd current blocking layer 12 (0.5 micrometer of thickness) of n-GaAs are grown up by the MOCVD method one by one so that the outside of the mesa stripe 9 may be embedded.

[0021]n-GaAs contact layer 13 (2 micrometers of thickness) is grown up by the MOCVD method so that the n-GaAs cap layer 8 and the 3rd current blocking layer 12 of n-GaAs may be embedded.

[0022]The p type electrode 14 and the n type electrode 15 are formed in the p-GaAs substrate 1 surface and the n-GaAs contact layer 13 surface. Cavity length is adjusted to 100 micrometers, and reflectance of an optical outgoing radiation side edge of a resonator edge face forms an aluminum<sub>2</sub>O<sub>3</sub> film and a Si film so that reflectance on the backside may be 65% 30%.

[0023]When forward voltage is impressed between the p type electrode 14 and the n type electrode 15 with an element of this example, slope efficiency 1.0 W/A of an oscillation wavelength of 0.78 micrometer, threshold current of 0.5 mA, and the current-optical power characteristic and actuating current of 3 mW of optical power are 3.5 mA. When change of actuating current in 70 \*\* of ambient temperature and 3 mW of fixed optical power is investigated, running time in which actuating current increases 20% of the first stage is 10000 hours or more. Synchrotron radiation of an element of this example is a circular beam of single Mine of 25 radiation angles parallel to pn junction, and 25 vertical radiation angles, and has realized basic horizontal microfiche operation. Returned light noise of an element of this example is a less than standard needed for an optical disk unit, i.e., -130 dB/Hz, and can be enough applied to an optical disk unit.

[0024]An oscillation wavelength of 0.78 micrometer is obtained by consisting of the above composition, forming the InGaAsP active layer 5 which carries out lattice matching to GaAs on p-GaAs substrate 1 in an element of this example, and adjusting composition ratio of the active layer 5. In order to use for the cladding layers 2 and 7 AlGaAs with forbidden-band width bigger 300 or more meV than the active layer 5 which contains aluminum at least, generating of the reactive current by carrier leak to the cladding layers 2 and 7 from the active layer 5 can be controlled.

[0025]In an element of this example, the p-GaAs protective layer 3 of the bottom of the mesa stripe 9 is

further formed of the InGaAsP active layer 5 of the side of the mesa stripe 9, the 1st guide layer 4 of InGaP, the 2nd guide layer 6 of InGaP, and a semiconductor layer that does not contain aluminum altogether. Then, when forming the mesa stripe 9 in the atmosphere, combination with oxidation resulting from aluminum, i.e., aluminum, and oxygen can be controlled. although composing elements other than aluminum of each class are Ga, As, In, and P and oxygen in the atmosphere and combination take place, the combination is markedly boiled compared with aluminum, and is completely weakly uninfluential in practice.

[0026]A case of the InGaAsP active layer 5 of this example compares with the conventional AlGaAs active layer, Since it is hard to produce pinning of a Fermi level inside an InGaAsP active layer in a re-growing interface of the mesa stripe side, or an interface with an end face reflection film, surface recombination of a carrier is controlled and reduction of actuating current and improvement in reliability accompanying reactive current control are attained.

[0027]furthermore — an element of this example — forbidden-band width of the protective layer 3 — forbidden-band width of the active layer 5, and abbreviation — it has set up equally. Therefore, in this example, since the protective layer 3 has the saturable absorption effect, self-oscillation happens and returned light noise can be reduced. Since the protective layer 3 exists in stripe 9 inside and the exterior, a carrier generated by optical absorption of stripe 9 inside is efficiently spread in the exterior of the stripe 9. For this reason, in the protective layer 3, it is hard to produce absorption saturation of a carrier, self-oscillation happens easily to increase of optical power, and the low noise characteristic can be realized. In an element of this example, since the protective layer 3 which has the saturable absorption effect exists in an inside and the exterior of the mesa stripe 9, basic horizontal microfiche and high order horizontal microfiche are simultaneously influenced by optical absorption, but since the profit of an active layer inside a stripe is large, a selection oscillation of basic horizontal microfiche is attained.

[0028]In an element of this example, forbidden-band width of the 1st current blocking layer 10 of a current blocking area of the exterior of the mesa stripe 9 is larger than forbidden-band width of the active layer 5, and forbidden-band width of the 2nd current blocking layer 11 of the exterior of the 1st current blocking layer 10 is smaller than forbidden-band width of the active layer 5. If basic horizontal microfiche is compared with high order horizontal microfiche, the high order horizontal microfiche of a spread to the stripe 9 exterior will be larger, and high order horizontal microfiche will become easy to be influenced by optical absorption in the 2nd current blocking layer 11 compared with basic horizontal microfiche. Therefore, a fundamental transverse mode oscillation with little optical absorption breaks out, and a practically important fundamental transverse mode oscillation can be realized.

[0029]A sectional view of a semiconductor laser element of Example 2 is shown in example 2 drawing 2.

[0030]On n-GaAs substrate 1, the n-(aluminum<sub>0.5</sub>Ga<sub>0.5</sub>)<sub>0.5</sub>In<sub>0.5</sub>P 1st cladding layer 2 (1.2 micrometers of thickness), The undoping In<sub>0.23</sub>Ga<sub>0.77</sub>As<sub>0.57</sub>P<sub>0.43</sub> active layer 5 (0.07 micrometer of thickness), The p-(aluminum<sub>0.5</sub>Ga<sub>0.5</sub>)<sub>0.5</sub>In<sub>0.5</sub>P 2nd cladding layer 7 (1.2 micrometers of thickness), The p-GaAs cap layer 8 (0.7 micrometer of thickness) is grown up by molecular beam epitaxy (MBE technique) one by one, etching is stopped on the InGaAsP active layer 5 surface by selective etching, and the 2-micrometer-wide mesa stripe 9 is formed.

[0031]So that the outside of the mesa stripe 9 may be embedded The p-(aluminum<sub>0.4</sub>Ga<sub>0.6</sub>)<sub>0.5</sub>In<sub>0.5</sub>P 1st current blocking layer 10 (0.6 micrometer of thickness), The 2nd current blocking layer 11 (0.6 micrometer of thickness) of n-GaAs and the 3rd current blocking layer 12 (0.7 micrometer of thickness) of p-GaAs are grown up by the MOCVD method one by one. p-GaAs contact layer 13 is grown up to be the surface of the p-GaAs cap layer 8 and the 3rd current blocking layer 12 of p-GaAs by the MOCVD method. The n type electrode 14 and the p type electrode 15 are formed in the n-GaAs substrate 1 surface and the p-GaAs contact layer 13 surface. Cavity length is adjusted to 200 micrometers by a cleavage method, and an aluminum<sub>2</sub>O<sub>3</sub> film is formed so that reflectance of a resonator edge face may be 30%.

[0032]When forward voltage is impressed between the n type electrode 14 and the p type electrode 15 with an element of this example, slope efficiency 0.6 W/A of an oscillation wavelength of 0.78 micrometer, threshold current of 2 mA, and the current-optical power characteristic and actuating

current of 3 mW of optical power are 6.5 mA. When change of actuating current in 80 \*\* of ambient temperature and 3 mW of fixed optical power is investigated, running time in which actuating current increases 20% of the first stage is 10000 hours or more. Synchrotron radiation of an element of this example is 15 radiation angles parallel to pn junction, and 25 vertical radiation angles. In an element of this example, the InGaAsP active layer 5 of the side of the mesa stripe 9 is formed of a semiconductor layer which does not contain aluminum. Then, when forming the mesa stripe 9, oxidation in the atmosphere resulting from aluminum, i.e., combination with aluminum and oxygen, can be controlled. Composing elements other than aluminum of an active layer are Ga, As, In, and P, and a nonluminescent recombination level by oxidation is made very small for the same reason as the above at a re-growing interface of the InGaAsP active layer 5 of the mesa stripe 9 side.

[0033]The 1st and 2nd cladding layer 2 and 7 contains aluminum by  $(\text{aluminum}_{0.5}\text{Ga}_{0.5})_{0.5}\text{In}_{0.5}\text{P}$ , A

difference of a band gap with the active layer 5 is dramatically large, and controls \*\* for leakage \*\*\*\* of carrier leak to the cladding layers 2 and 7 from the active layer 5 enough, Aggravation of the reactive current by nonluminescent recombination of a carrier in the active layer 5 of the mesa stripe 9 side and reliability by crystal defect generating can be controlled, and the low current characteristic is obtained.

[0034]A sectional view of a semiconductor laser element of Example 3 is shown in example 3 drawing 3.

[0035]On p-GaAs substrate 1, the 1st cladding layer 2 (2.0 micrometers of thickness) of p-aluminum<sub>0.5</sub>Ga<sub>0.5</sub>As, The n-In<sub>0.60</sub>Ga<sub>0.40</sub>As<sub>0.18</sub>P<sub>0.82</sub> protective layer 3 (0.02 micrometer of thickness), The 1st guide layer 4 (0.01 micrometer of thickness) of undoped aluminum<sub>0.25</sub>Ga<sub>0.75</sub>As, Undoping In<sub>0.35</sub>Ga<sub>0.65</sub>As<sub>0.40</sub>P<sub>0.60</sub> well layer (0.01 micrometer of thickness) Three layers and a undoped In<sub>0.48</sub>Ga<sub>0.52</sub>P barrier layer (0.007 micrometer of thickness) The distorted multiplex quantum well active layer 5 which arranges two-layer by turns, the 2nd guide layer 6 of undoped aluminum<sub>0.25</sub>Ga<sub>0.75</sub>As, the 2nd cladding layer 7 (1.5 micrometers of thickness) of n-aluminum<sub>0.5</sub>Ga<sub>0.5</sub>As, p-GaAs contact layer 13 (0.1 micrometer of thickness) is grown up by the MOCVD method one by one, etching is stopped on the n-InGaAsP protective layer 3 surface by selective etching, and the 3-micrometer-wide mesa stripe 9 (base width of 1 micrometer) is formed.

[0036]Alternative embedding growth of the high resistance AlInP layer 21 and the p-GaAs flattening layer 22 of an oxygen dope is carried out at the outside of the mesa stripe 9. The p type electrode 14 and the n type electrode 15 are formed in the p-GaAs substrate 1 surface, the n-GaAs contact layer 13 surface, and the p-GaAs flattening layer 22 surface. Cavity length is adjusted to 375 micrometers by a cleavage method, and an aluminum<sub>2</sub>O<sub>3</sub> film and a Si film are formed so that it may become 75% about reflectance of an opposite hand 12% in reflectance of a resonator edge face by the side of optical outgoing radiation.

[0037]When forward voltage is impressed between the p type electrode 14 and the n type electrode 15 with an element of this example, slope efficiency 1.0 W/A of an oscillation wavelength of 0.78 micrometer, threshold current of 5 mA, and the current-optical power characteristic and actuating current of 35 mW of optical power are 40 mA. When change of actuating current in 70 \*\* of ambient temperature and 35 mW of fixed optical power is investigated, running time in which actuating current increases 20% of the first stage is 5000 hours or more. Synchrotron radiation of an element of this example is 12 radiation angles parallel to pn junction, and 24 vertical radiation angles. Although this example is characteristic at a point which constitutes current \*\*\*\*\* by the high resistance AlInP layer 21 and the p-GaAs flattening layer 22 of an oxygen dope, the completely same operation and effect as Example 1 can be acquired also with an element of this example.

[0038]A sectional view of a semiconductor laser element of Example 4 is shown in example 4 drawing 4.

[0039]On n-GaAs substrate 1, the 1st cladding layer 2 (1.2 micrometers of thickness) of n-aluminum<sub>0.5</sub>Ga<sub>0.5</sub>As, the n-InGaP protective layer 3 (0.01 micrometer of thickness), and undoped In — the 0.60Ga<sub>0.40</sub>As<sub>0.18</sub>P<sub>0.82</sub> 1st guide layer 4 (0.02 micrometer of thickness). undoped — the In<sub>0.52</sub>Ga<sub>0.48</sub>As<sub>0.22</sub>P<sub>0.78</sub> distortion quantum well active layer 5 and undoped In — the 0.60Ga<sub>0.40</sub>As<sub>0.18</sub>P<sub>0.82</sub> 2nd guide layer 6 (0.02 micrometer of thickness). The 2nd cladding layer 7 (1.2 micrometers of thickness) of n-aluminum<sub>0.5</sub>Ga<sub>0.5</sub>As, The p-GaAs cap layer 8 (0.1 micrometer of thickness) is grown up by a gas

sauce MBE technique one by one, etching is stopped on the n-InGaP protective layer 3 surface by selective etching, and the 2-micrometer-wide mesa stripe 9 is formed.

[0040]The polyimide embedded layer 24 for the SiN dielectric 23 and surface flattening is formed for current inhibition on the outside of the mesa stripe 9.

[0041]The n type electrode 14 and the p type electrode 15 are formed in the n-GaAs substrate 1 surface and the p-GaAs cap layer 8 surface. Cavity length is adjusted to 150 micrometers, and an aluminum<sub>2</sub>O<sub>3</sub> film is formed so that reflectance of a resonator edge face may be 30%.

[0042]When forward voltage is impressed between the n type electrode 14 and the p type electrode 15 with an element of this example, slope efficiency 0.6 W/A of an oscillation wavelength of 0.78 micrometer, threshold current of 1.0 mA, and the current-optical power characteristic and actuating current of 3 mW of optical power are 6.0 mA. When change of actuating current in 70 \*\* of ambient temperature and 3 mW of fixed optical power is investigated, running time in which actuating current increases 20% of the first stage is 10000 hours or more. Synchrotron radiation of an element of this example is 15 radiation angles parallel to pn junction, and 25 vertical radiation angles.

[0043]An element of this example only differs in an operation in a current blocking area portion, and an effect, and others are the same as that of Example 1. An element of this example has an advantage producible with 1 time of crystal growth. Therefore, re-diffusion of a dopant resulting from performing crystal growth for current blocking layer formation can be controlled, and generating of the reactive current resulting from re-diffusion can be controlled.

[0044]A sectional view of a semiconductor laser element of Example 5 is shown in example 5 drawing 5.

[0045]On p-GaAs substrate 1, the 1st cladding layer 2 (0.6 micrometer of thickness) of p-aluminum<sub>0.5</sub>Ga<sub>0.5</sub>As, The p-aluminum<sub>0.14</sub>Ga<sub>0.86</sub>As protective layer 3 (0.2 micrometer of thickness), The p-In<sub>0.5</sub>Ga<sub>0.5</sub>P 1st guide layer 4 (0.6 micrometer of thickness), The undoping In<sub>0.25</sub>Ga<sub>0.75</sub>As<sub>0.5</sub>OP<sub>0.50</sub> active layer 5 (0.05 micrometer of thickness), The 2nd cladding layer 7 (1.2 micrometers of thickness) of n-aluminum<sub>0.5</sub>Ga<sub>0.5</sub>As, The p-GaAs cap layer 8 (0.2 micrometer of thickness) is grown up by the MOCVD method one by one, etching is stopped on the p-AlGaAs protective layer 3 surface by selective etching, and the mesa stripe 9 (base width of 1 micrometer) is formed.

[0046]The 1st current blocking layer 10 (0.2 micrometer of thickness) of n-aluminum<sub>0.6</sub>Ga<sub>0.4</sub>As, the 2nd current blocking layer 11 (0.6 micrometer of thickness) of p-GaAs, and the 3rd current blocking layer 12 (0.5 micrometer of thickness) of n-GaAs are grown up by the MOCVD method one by one so that the outside of the mesa stripe 9 may be embedded. n-GaAs contact layer 13 (2 micrometers of thickness) is grown up by the MOCVD method so that the n-GaAs cap layer 8 and the 3rd current blocking layer 12 of n-GaAs may be embedded. The n type electrode 14 and the p type electrode 15 are formed in the p-GaAs substrate 1 surface and the n-GaAs contact layer 13 surface. Cavity length is adjusted to 200 micrometers, and an aluminum<sub>2</sub>O<sub>3</sub> film and Si are formed so that reflectance of a resonator edge face may be 65%.

[0047]When an element of this example impresses forward voltage between the n type electrode 14 and the p type electrode 15, slope efficiency 0.8 W/A of an oscillation wavelength of 0.78 micrometer, threshold current of 1.0 mA, and the current-optical power characteristic and actuating current of 3 mW of optical power are 4.8 mA. When change of actuating current in 70 \*\* of ambient temperature and 3 mW of fixed optical power is investigated, running time in which actuating current increases 20% of the first stage is 10000 hours or more. Synchrotron radiation of an element of this example is 15 radiation angles parallel to pn junction, and 25 vertical radiation angles.

[0048]Although it is a case where aluminum is contained in the protective layer 3, in an element of this example, since there are few degrees of oxygen in the atmosphere if Al composition ratios are 0.12-0.16, it is convenient in an effect that generating of the reactive current can be controlled in any way.

[0049]in addition — an element of this example — forbidden-band width of the protective layer 3 — the forbidden-band width 5 of an active layer, and abbreviation — it is equal, and like Example 1, since the protective layer 3 has a supersaturation absorption effect, self-oscillation happens and returned light noise can be reduced.

[0050]This invention is not limited to an example described above, and also in thickness other than an example, Al composition ratio, and carrier concentration, as long as it has an effect of this invention, it is



applicable. moreover — a grown method — except for the MOCVD method and an MBE technique, and a gas source MBE technique — the LPE method and ALE (atomic line epitaxy) — also in law, as long as it has an effect of this invention, it is applicable. Although this invention described a case of a mesa stripe, it has a mesa-like field circular in addition to it, and, also in the case of a surface emission-type laser which emits a laser beam from the surface, can apply it.

[0051]

[Effect of the Invention]By providing the active layer which comprises InGaAsP which does not contain aluminum on a GaAs substrate, the semiconductor laser element of this invention can control reactive current generating resulting from oxidation of aluminum on the surface of an active layer of the mesa stripe side, and can aim at reduction of actuating current. Simultaneously, in the semiconductor laser element of this invention, by containing aluminum in a cladding layer, reactive current generating which forbidden-band width of a cladding layer is enlarged enough, and the carrier from an active layer to a cladding layer leaks, and originates in a broth can be controlled, and the useful semiconductor laser element which can aim at reduction of actuating current can be provided.

---

[Translation done.]

\* NOTICES \*

JPO and INPIT are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.

2.\*\*\*\* shows the word which can not be translated.

3.In the drawings, any words are not translated.

---

## DESCRIPTION OF DRAWINGS

---

[Brief Description of the Drawings]

[Drawing 1]It is a sectional view of the semiconductor laser element concerning Example 1 of this invention.

[Drawing 2]It is a sectional view of the semiconductor laser element concerning Example 2 of this invention.

[Drawing 3]It is a sectional view of the semiconductor laser element concerning Example 3 of this invention.

[Drawing 4]It is a sectional view of the semiconductor laser element concerning Example 4 of this invention.

[Drawing 5]It is a sectional view of the semiconductor laser element concerning Example 5 of this invention.

[Drawing 6]It is a sectional view of the conventional semiconductor laser element.

[Description of Notations]

1 GaAs substrate

2 The 1st cladding layer

3 Protective layer

4 The 1st guide layer

5 InGaAsP active layer

6 The 2nd guide layer

7 The 2nd cladding layer

10 The 1st current blocking layer

11 The 2nd current blocking layer

12 The 3rd current blocking layer

21 High resistance layer

23 Dielectric film

---

[Translation done.]

(51) Int.Cl.<sup>6</sup>

H 0 1 S 3/18

識別記号

F I

H 0 1 S 3/18

審査請求 未請求 請求項の数5 O L (全 7 頁)

(21) 出願番号 特願平8-257881

(22) 出願日 平成8年(1996) 9月30日

(71) 出願人 000005049

シャープ株式会社

大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号

(72) 発明者 松本 晃広

大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号 シ

ャープ株式会社内

(72) 発明者 大林 健

大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号 シ

ャープ株式会社内

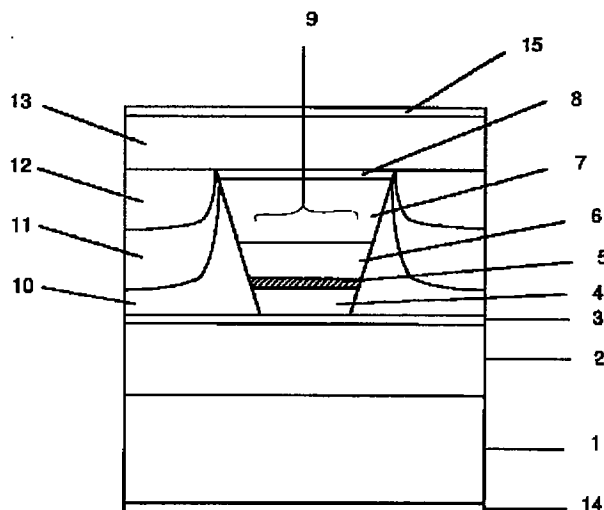
(74) 代理人 弁理士 梅田 勝

(54) 【発明の名称】 半導体レーザ素子

(57) 【要約】 (修正有)

【課題】 接合界面付近の活性層に酸化に起因する非発光再結合準位が形成され、レーザ発振に寄与しない無効電流が発生する。さらに、結晶欠陥が発生し、無効電流のさらなる増大が生じる。

【解決手段】 第1導電型のGaAs基板1上に、少なくとも第1導電型の第1クラッド層2と、活性層5と、第2導電型の第2クラッド層7とを有し、少なくとも前記活性層5と第2クラッド層7を含む領域にメサストライプ9が形成され、該メサストライプ9の外部には第1、第2、第3電流阻止層10、11、12を備えてなり、前記活性層5はAlを含まないInGaAsPから成り、前記第1、第2クラッド層2、7は少なくともAlを含有してなる。また第1、第2クラッド層2、7よりも禁制帯幅の小さい第1、第2ガイド層4、6、あるいは第1クラッド層より禁制帯幅の小さい保護層3を設ける。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 第1導電型のGaAs基板上に、少なくとも第1導電型の第1クラッド層と、活性層と、第2導電型の第2クラッド層とを有し、少なくとも前記活性層と第2クラッド層を含む領域がメサ状領域からなり、該メサ状領域の外部には電流阻止領域を備えてなる半導体レーザ素子において、

前記活性層はAlを含まないInGaAsPから成り、前記第1、第2クラッド層は少なくともAlを含有してなることを特徴とする半導体レーザ素子。

【請求項2】 請求項1に記載の半導体レーザ素子において、

前記活性層の両側に、それぞれ第1、第2クラッド層よりも禁制帯幅の小さい第1、第2ガイド層を設けてなることを特徴とする半導体レーザ素子。

【請求項3】 請求項1または2に記載の半導体レーザ素子において、

第1クラッド層の上に、第1クラッド層よりも禁制帯幅の小さい保護層を設けてなることを特徴とする半導体レーザ素子。

【請求項4】 請求項3に記載の半導体レーザ素子において、

前記保護層の禁制帯幅が前記活性層の禁制帯幅に略等しいことを特徴とする半導体レーザ素子。

【請求項5】 請求項1、2、3または4に記載の半導体レーザ素子において、

前記メサ状領域の外部の電流阻止領域は少なくとも第1電流阻止層と、該第1電流阻止層の外側に形成される第2電流阻止層を有してなり、前記第1電流阻止層の禁制帯幅は前記活性層の禁制帯幅より大きく、前記第2電流阻止層の禁制帯幅は前記活性層の禁制帯幅より小さいことを特徴とする半導体レーザ素子。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、光ディスク、レーザビームプリンタ、光伝送等に用いられる半導体レーザ素子に関する。

## 【0002】

【従来の技術】光ディスクに用いられる半導体レーザ素子では、レンズで微小スポットに集光可能なように近赤外の波長帯( $\lambda=0.75\sim0.88\mu\text{m}$ )が一般的に用いられる。そのために、GaAs基板上にダブルヘテロ構造から成る $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$ 活性層( $x=0.01\sim0.20$ )を形成し、電流及び光閉じ込めのためにストライプ構造を用いる。さらに、光ディスク用の半導体レーザの動作電流を低減するために、活性層を含む領域にメサストライプを形成し、半導体層で埋め込み成長を行ってヘテロ接合を形成した、埋め込みヘテロ構造のレーザがこれまでに提案されている。

【0003】図6に埋め込みヘテロ構造のレーザの従来

例を示す。 $n\text{-GaAs}$ 基板1上に、 $n\text{-Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$ ( $x=0.3\sim0.35$ )第1クラッド層2、 $n\text{-Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$ ( $x_g=0.25\sim0.3$ )ガイド層4、 $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$ ( $x_1=0.01\sim0.06$ )活性層5、 $p\text{-Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$ ( $x_2=0.35\sim0.4$ )第2クラッド層7を成長し、活性層5を含む成長層に基板1まで到達するメサストライプ9を形成し、メサストライプ9の外部に $p\text{-Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$ ( $x_3=0.27\sim0.32$ )第1電流阻止層10、 $n\text{-Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$ ( $x_3=0.27\sim0.32$ )第2電流阻止層11の成長を行い、メサストライプ9表面に選択的にZn拡散層31及びメサストライプ表面以外に $\text{SiO}_2$ 膜32を形成し、基板1側と成長層表面に電極14、15を形成する。

【0004】本従来例では発振閾値電流20mAが報告されている。

【0005】本従来例では、メサ状のストライプ9から成る活性層5とその外部の埋め込み層10、11のヘテロ接合により、活性層5内部に効率的にキャリアを閉じ込めることができる。従って、活性層5の内部に注入されたキャリアが発光領域外へ拡散することによる、動作電流の増大を防止することができ、動作電流の低減が可能となる。

## 【0006】

【発明が解決しようとする課題】従来例の半導体レーザ素子では、GaAs基板1上にAlGaAs活性層5を含むダブルヘテロ構造を成長し、大気中で活性層5を含む領域にメサストライプ9を形成する。活性層5にはAlを含むので、メサ側面の活性層が酸化される。メサストライプ9の外部を半導体層で埋めこみ、ダブルヘテロ接合の形成を行なう場合、メサストライプ9側面の活性層5の酸素の除去が困難であるので、接合界面付近の活性層5に酸化に起因する非発光再結合準位が形成される。この状態で、活性層5にキャリア注入を行なってレーザ発振を生じさせると、メサストライプ9側面の活性層5において、キャリアが非発光再結合するために、レーザ発振に寄与しない無効電流が発生する。さらに、通電中にメサストライプ9側面の活性層5に形成された非発光再結合準位を基点に、結晶欠陥が発生し、無効電流のさらなる増大が生じる。

## 【0007】

【課題を解決するための手段】上記課題を解決するために、本発明の半導体レーザ素子は、第1導電型のGaAs基板上に、少なくとも第1導電型の第1クラッド層と、活性層と、第2導電型の第2クラッド層とを有し、少なくとも前記活性層と第2クラッド層を含む領域がメサ状領域からなり、該メサ状領域の外部には電流阻止領域を備えてなる半導体レーザ素子において、前記活性層はAlを含まないInGaAsPから成り、前記第1、第2クラッド層は少なくともAlを含有してなることを

特徴とする。

【0008】また、上記において、前記活性層の両側に、それぞれ第1、第2クラッド層よりも禁制帯幅の小さい第1、第2ガイド層を、あるいはさらに、第1クラッド層の上に、第1クラッド層よりも禁制帯幅の小さい保護層を設けてもよい。

【0009】さらに、前記保護層の禁制帯幅は前記活性層の禁制帯幅に略等しいことが望ましく、また、メサ状領域の外部の電流阻止領域は少なくとも第1電流阻止層と、該第1電流阻止層の外側に形成される第2電流阻止層を有してなり、前記第1電流阻止層の禁制帯幅は前記活性層の禁制帯幅より大きく、前記第2電流阻止層の禁制帯幅は前記活性層の禁制帯幅より小さいことが望ましい。

【0010】本発明の半導体レーザ素子は、上記のようにGaAs基板上にAlを含有しないInGaAsPから成る活性層を設けることにより、メサストライプ側面の活性層表面のAlの酸化に起因する無効電流の発生を抑制でき、動作電流の低減が図れる。同時に、クラッド層にAlを含有する層とすることにより、クラッド層の禁制帯幅を充分大きくして、活性層からクラッド層への漏れ出しに起因する無効電流の発生を抑制できる。

【0011】さらに、活性層に隣接して、第1、第2クラッド層よりもAl組成比の小さな層、もしくはAlを含有しない層、すなわちそれぞれのクラッド層より禁制帯幅の小さなガイド層を設けることにより、メサストライプ側面のガイド層表面のAlの酸化に起因する無効電流の発生を抑制して、動作電流の低減が図れる。

【0012】さらに、第1クラッド層よりもAl組成比の小さな保護層、もしくはAlを含有しない保護層、すなわち第1クラッド層の上に、第1クラッド層よりも禁制帯幅の小さい保護層をメサストライプの底面に設けると、Alの酸化に起因する無効電流の発生を抑制でき、動作電流の低減が図れる。

【0013】また、この保護層はメサストライプの形成時のエッチング停止層の機能を持たせることができ、メサストライプ外部の埋め込み成長層の層厚を精密に制御でき有用である。

【0014】さらに、本発明の半導体レーザ素子において、保護層の禁制帯幅を活性層の禁制帯幅に略等しく設定することにより、保護層に可飽和吸収層の効果を持たせることができ、自励発振による戻り光雑音の低減が図れる。

【0015】なお、可飽和吸収効果を有する保護層がストライプ内部にのみ存在する場合には、光吸収で生成されたキャリアの飽和により、可飽和吸収効果が低減して、自励発振が起こりにくくなる。これに対して、上記のように可飽和吸収効果を有する保護層をストライプ内部および外部に存在させると、さらにストライプ内部の光吸収で生成されたキャリアが効率よく、ストライプ外

部に拡散することができる。このため、キャリアの吸収飽和が生じにくく、自励発振が起こりやすい。また、可飽和吸収効果を有する保護層がストライプ内部にのみ存在する場合には、基本横モードの光吸収が増大して、高次横モードの混在発振が起こる。これに対して、同様に、上記の可飽和吸収効果を有する保護層をストライプ内部と外部に存在させると、基本横モードと高次横モードが同時に光吸収の影響を受けるが、ストライプ内部の活性層の利得が大きいために、基本横モードの選択発振を起こさせることができる。

【0016】さらに、本発明の半導体レーザ素子において、メサストライプの外部の電流阻止領域の第1電流阻止層の禁制帯幅が活性層の禁制帯幅より大きく、第1電流阻止層の外部の第2電流阻止層の禁制帯幅が活性層の禁制帯幅より小さくするとよい。すなわち、一般に基本横モードと高次横モードを比べると、高次横モードの方がストライプ外部の拡がりが大きい。そこで、上記のように構成することによって、高次横モードは基本横モードに比べて、第2電流阻止層における光吸収の影響を受けやすくなり、したがって、光吸収の少ない基本横モード発振が起こり、実用上重要な基本横モード発振が実現できる。

【0017】

【発明の実施の態様】以下、本発明の実施例を説明する。

【0018】実施例1

図1に実施例1の半導体レーザ素子の断面図を示す。

【0019】p-GaAs基板1上に、p-Al<sub>0.6</sub>Ga<sub>0.4</sub>As第1クラッド層2(層厚1.2μm)、p-GaAs保護層3(層厚0.007μm)、アンドープIn<sub>0.48</sub>Ga<sub>0.52</sub>P第1ガイド層4(層厚0.01μm)、アンドープIn<sub>0.35</sub>Ga<sub>0.65</sub>As<sub>0.40</sub>P<sub>0.60</sub>歪量子井戸活性層5(層厚0.005μm)、アンドープIn<sub>0.48</sub>Ga<sub>0.52</sub>P第2ガイド層6(層厚0.01μm)、n-Al<sub>0.6</sub>Ga<sub>0.4</sub>As第2クラッド層7(層厚1.2μm)、n-GaAsキャップ層8(層厚0.1μm)、を順次有機金属気相成長法(MOCVD法)により成長し、選択エッチングによりp-GaAs保護層3表面でエッチングを停止させて、メサストライプ9(底幅1μm)を形成する。

【0020】メサストライプ9の外側を埋め込むように、n-Al<sub>0.6</sub>Ga<sub>0.4</sub>As第1電流阻止層10(層厚0.2μm)、p-GaAs第2電流阻止層11(層厚0.6μm)、n-GaAs第3電流阻止層12(層厚0.5μm)を順次、MOCVD法により成長する。

【0021】n-GaAsキャップ層8、n-GaAs第3電流阻止層12を埋め込むように、n-GaAsコンタクト層13(層厚2μm)をMOCVD法により成長する。

【0022】p-GaAs基板1表面とn-GaAsコ

ンタクト層13表面にp型電極14とn型電極15を形成する。共振器長を $100\mu\text{m}$ に調整し、共振器端面の光出射側端面の反射率が30%、後側の反射率が65%となるように $\text{Al}_2\text{O}_3$ 膜とSi膜を形成する。

【0023】本実施例の素子で、p型電極14とn型電極15の間に順方向電圧を印加した場合、発振波長 $0.78\mu\text{m}$ 、閾値電流 $0.5\text{mA}$ 、電流-光出力特性のスロープ効率 $1.0\text{W/A}$ 、光出力 $3\text{mW}$ の動作電流は $3.5\text{mA}$ である。雰囲気温度 $70^\circ\text{C}$ 、一定光出力 $3\text{mW}$ における動作電流の変化を調べると、動作電流が初期の20%増大する走行時間は $10000$ 時間以上である。また、本実施例の素子の放射光は、pn接合に平行方向の放射角 $25^\circ$ 、垂直方向の放射角 $25^\circ$ の単峰の円形ビームであり、基本横モード動作が実現できている。さらに、本実施例の素子の戻り光雑音は光ディスク装置に必要とされる基準、すなわち $-130\text{dB/Hz}$ 以下であり、光ディスク装置に十分適用可能である。

【0024】以上のような構成からなり、本実施例の素子において、p-GaAs基板1上にGaAsと格子整合するInGaAsP活性層5を形成し、活性層5の組成比を調整することにより、発振波長 $0.78\mu\text{m}$ を得る。また、クラッド層2、7に少なくともAlを含有する活性層5より禁制帯幅が $300\text{meV}$ 以上大きなAlGaAsを用いるために、活性層5からクラッド層2、7へのキャリアリークによる無効電流の発生を抑制できる。

【0025】本実施例の素子では、メサストライプ9の側面のInGaAsP活性層5、InGaP第1ガイド層4、InGaP第2ガイド層6、さらにメサストライプ9の底面のp-GaAs保護層3は全てAlを含有しない半導体層により形成されている。そこで、大気中でメサストライプ9の形成を行う場合、Alに起因した酸化、即ちAlと酸素との結合を抑制することができる。各層のAl以外の構成元素はGa、As、In、Pであり、大気中の酸素と結合が起こるが、その結合はAlに比べて格段に弱く実際上全く影響がない。

【0026】また、本実施例のInGaAsP活性層5の場合、従来のAlGaAs活性層に比べて、メサストライプ側面の再成長界面あるいは端面反射膜との界面におけるInGaAsP活性層内部のフェルミ準位のピンニングが生じにくいために、キャリアの表面再結合が抑制され、無効電流抑制に伴う動作電流の低減及び信頼性の向上が可能となる。

【0027】さらに、本実施例の素子では、保護層3の禁制帯幅が活性層5の禁制帯幅と略等しく設定している。したがって、本実施例では、保護層3が可飽和吸収効果を有するために、自励発振が起こり、戻り光雑音を低減できる。また、保護層3がストライプ9内部および外部に存在するため、ストライプ9内部の光吸収で生成されたキャリアが効率よくストライプ9の外部に拡散す

る。このため、保護層3においてキャリアの吸収飽和が生じにくく、光出力の増大に対して自励発振が起こりやすくなり、低雑音特性が実現できる。さらに、本実施例の素子では、可飽和吸収効果を有する保護層3がメサストライプ9の内部と外部に存在するために、基本横モードと高次横モードが同時に光吸収の影響を受けるが、ストライプ内部の活性層の利得が大きいために、基本横モードの選択発振が可能となる。

【0028】さらに、本実施例の素子では、メサストライプ9の外部の電流阻止領域の第1電流阻止層10の禁制帯幅が活性層5の禁制帯幅より大きく、第1電流阻止層10の外部の第2電流阻止層11の禁制帯幅が活性層5の禁制帯幅より小さい。基本横モードと高次横モードを比べると、高次横モードの方がストライプ9外部への拡がりが大きく、高次横モードは基本横モードに比べて第2電流阻止層11における光吸収の影響を受けやすくなる。したがって、光吸収の少ない基本横モード発振が起き、実用上重要な基本横モード発振が実現できる。

#### 【0029】実施例2

図2に実施例2の半導体レーザ素子の断面図を示す。

【0030】n-GaAs基板1上に、n-( $\text{Al}_{0.5}\text{Ga}_{0.5}$ ) $_{0.5}\text{In}_{0.5}\text{P}$ 第1クラッド層2(層厚 $1.2\mu\text{m}$ )、アンドープIn $_{0.23}\text{Ga}_{0.77}\text{As}_{0.57}\text{P}_{0.43}$ 活性層5(層厚 $0.07\mu\text{m}$ )、p-( $\text{Al}_{0.5}\text{Ga}_{0.5}$ ) $_{0.5}\text{In}_{0.5}\text{P}$ 第2クラッド層7(層厚 $1.2\mu\text{m}$ )、p-GaAsキャップ層8(層厚 $0.7\mu\text{m}$ )を順次、分子線エピタキシャル成長法(MBE法)により成長し、選択エッチングによりInGaAsP活性層5表面でエッチングを停止させて、幅 $2\mu\text{m}$ のメサストライプ9を形成する。

【0031】メサストライプ9の外側を埋め込むように、p-( $\text{Al}_{0.4}\text{Ga}_{0.6}$ ) $_{0.5}\text{In}_{0.5}\text{P}$ 第1電流阻止層10(層厚 $0.6\mu\text{m}$ )、n-GaAs第2電流阻止層11(層厚 $0.6\mu\text{m}$ )、p-GaAs第3電流阻止層12(層厚 $0.7\mu\text{m}$ )を順次、MOCVD法により成長する。p-GaAsキャップ層8とp-GaAs第3電流阻止層12の表面にp-GaAsコンタクト層13をMOCVD法により成長する。n-GaAs基板1表面とp-GaAsコンタクト層13表面にn型電極14とp型電極15を形成する。へき開法により共振器長を $200\mu\text{m}$ に調整し、共振器端面の反射率が30%となるように $\text{Al}_2\text{O}_3$ 膜を形成する。

【0032】本実施例の素子で、n型電極14とp型電極15の間に順方向電圧を印加した場合、発振波長 $0.78\mu\text{m}$ 、閾値電流 $2\text{mA}$ 、電流-光出力特性のスロープ効率 $0.6\text{W/A}$ 、光出力 $3\text{mW}$ の動作電流は $6.5\text{mA}$ である。雰囲気温度 $80^\circ\text{C}$ 、一定光出力 $3\text{mW}$ における動作電流の変化を調べると、動作電流が初期の20%増大する走行時間は $10000$ 時間以上である。また、本実施例の素子の放射光は、pn接合に平行方向の

放射角15度、垂直方向の放射角25度である。本実施例の素子では、メサストライプ9の側面のInGaAsP活性層5はAlを含有しない半導体層により形成されている。そこで、メサストライプ9の形成を行う場合、Alに起因した大気中の酸化、即ちAlと酸素との結合を抑制することができる。活性層のAl以外の構成元素はGa、As、In、Pであり、前記と同様の理由により、メサストライプ9側面のInGaAsP活性層5の再成長界面には、酸化による非発光再結合準位が非常に少なくできる。

【0033】また、第1、第2クラッド層2、7は( $Al_{0.5}Ga_{0.5}$ ) $_{0.5}In_{0.5}P$ でAlを含有し、活性層5とのバンドギャップの差が非常に大きく、活性層5からクラッド層2、7へのキャリアリークの漏れ出しを十分に抑制し、メサストライプ9側面の活性層5におけるキャリアの非発光再結合による無効電流および結晶欠陥発生による信頼性の悪化を抑制することができ、低電流特性が得られる。

#### 【0034】実施例3

図3に実施例3の半導体レーザ素子の断面図を示す。

【0035】p-GaAs基板1上に、p- $Al_{0.5}Ga_{0.5}As$ 第1クラッド層2(層厚2.0 $\mu m$ )、n- $In_{0.60}Ga_{0.40}As_{0.18}P_{0.82}$ 保護層3(層厚0.02 $\mu m$ )、アンドープ $Al_{0.25}Ga_{0.75}As$ 第1ガイド層4(層厚0.01 $\mu m$ )、アンドープ $In_{0.35}Ga_{0.65}As_{0.40}P_{0.60}$ ウエル層(層厚0.01 $\mu m$ 、3層)とアンドープ $In_{0.48}Ga_{0.52}P$ バリア層(層厚0.007 $\mu m$ 、2層)を交互に配置してなる歪多重量子井戸活性層5、アンドープ $Al_{0.25}Ga_{0.75}As$ 第2ガイド層6、n- $Al_{0.5}Ga_{0.5}As$ 第2クラッド層7(層厚1.5 $\mu m$ )、p-GaAsコンタクト層13(層厚0.1 $\mu m$ )、を順次MOCVD法により成長し、選択エッチングによりn-InGaAsP保護層3表面でエッチングを停止させて、幅3 $\mu m$ のメサストライプ9(底幅1 $\mu m$ )を形成する。

【0036】メサストライプ9の外側に酸素ドーパの高抵抗 $AlInP$ 層21及びp-GaAs平坦化層22を選択的埋め込み成長する。p-GaAs基板1表面とn-GaAsコンタクト層13表面及びp-GaAs平坦化層22表面にp型電極14とn型電極15を形成する。へき開法により共振器長を375 $\mu m$ に調整し、光出射側の共振器端面の反射率を12%、反対側の反射率を75%となるように $Al_2O_3$ 膜及びSi膜を形成する。

【0037】本実施例の素子で、p型電極14とn型電極15の間に順方向電圧を印加した場合、発振波長0.78 $\mu m$ 、閾値電流5mA、電流-光出力特性のスロープ効率1.0W/A、光出力35mWの動作電流は40mAである。雰囲気温度70℃、一定光出力35mWにおける動作電流の変化を調べると、動作電流が初期の2

0%増大する走行時間は5000時間以上である。また、本実施例の素子の放射光は、pn接合に平行方向の放射角12度、垂直方向の放射角24度である。本実施例は電流阻領域を酸素ドーパの高抵抗 $AlInP$ 層21及びp-GaAs平坦化層22により構成している点で特色があるものであるが、本実施例の素子でも、実施例1と全く同様の作用および効果を得ることができる。

#### 【0038】実施例4

図4に実施例4の半導体レーザ素子の断面図を示す。

10 【0039】n-GaAs基板1上に、n- $Al_{0.5}Ga_{0.5}As$ 第1クラッド層2(層厚1.2 $\mu m$ )、n-InGaP保護層3(層厚0.01 $\mu m$ )、アンドープ $In_{0.60}Ga_{0.40}As_{0.18}P_{0.82}$ 第1ガイド層4(層厚0.02 $\mu m$ )、アンドープ $In_{0.52}Ga_{0.48}As_{0.22}P_{0.78}$ 歪量子井戸活性層5、アンドープ $In_{0.60}Ga_{0.4}As_{0.18}P_{0.82}$ 第2ガイド層6(層厚0.02 $\mu m$ )、n- $Al_{0.5}Ga_{0.5}As$ 第2クラッド層7(層厚1.2 $\mu m$ )、p-GaAsキャップ層8(層厚0.1 $\mu m$ )、を順次、ガスソースMBE法により成長し、選択エッチングによりn-InGaP保護層3表面でエッチングを停止させて、幅2 $\mu m$ のメサストライプ9を形成する。

【0040】メサストライプ9の外側に電流阻止のためにSiN誘電体23、表面平坦化のためのポリイミド埋め込み層24を形成する。

【0041】n-GaAs基板1表面とp-GaAsキャップ層8表面にn型電極14とp型電極15を形成する。共振器長を150 $\mu m$ に調整し、共振器端面の反射率が30%となるように $Al_2O_3$ 膜を形成する。

30 【0042】本実施例の素子で、n型電極14とp型電極15の間に順方向電圧を印加した場合、発振波長0.78 $\mu m$ 、閾値電流1.0mA、電流-光出力特性のスロープ効率0.6W/A、光出力3mWの動作電流は6.0mAである。雰囲気温度70℃、一定光出力3mWにおける動作電流の変化を調べると、動作電流が初期の20%増大する走行時間は10000時間以上である。また、本実施例の素子の放射光は、pn接合に平行方向の放射角15度、垂直方向の放射角25度である。

40 【0043】本実施例の素子は、電流阻止領域部分での作用、効果が異なるだけで、他は実施例1と同様である。なお、本実施例の素子は1回の結晶成長により作製できる利点がある。従って、電流阻止層形成のために結晶成長を行うことに起因するドーパントの再拡散を抑制でき、再拡散に起因した無効電流の発生を抑制することができる。

#### 【0044】実施例5

図5に実施例5の半導体レーザ素子の断面図を示す。

【0045】p-GaAs基板1上に、p- $Al_{0.5}Ga_{0.5}As$ 第1クラッド層2(層厚0.6 $\mu m$ )、p- $Al_{0.14}Ga_{0.86}As$ 保護層3(層厚0.2 $\mu m$ )、p

—In<sub>0.5</sub>Ga<sub>0.5</sub>P第1ガイド層4(層厚0.6μm)、アンドープIn<sub>0.25</sub>Ga<sub>0.75</sub>As<sub>0.5</sub>OP<sub>0.50</sub>活性層5(層厚0.05μm)、n-Al<sub>0.5</sub>Ga<sub>0.5</sub>As第2クラッド層7(層厚1.2μm)、p-GaAsキャップ層8(層厚0.2μm)、を順次、MOCVD法により成長し、選択エッチングによりp-AlGaAs保護層3表面でエッチングを停止させて、メサストライプ9(底幅1μm)を形成する。

【0046】メサストライプ9の外側を埋め込むように、n-Al<sub>0.6</sub>Ga<sub>0.4</sub>As第1電流阻止層10(層厚0.2μm)、p-GaAs第2電流阻止層11(層厚0.6μm)、n-GaAs第3電流阻止層12(層厚0.5μm)を順次、MOCVD法により成長する。n-GaAsキャップ層8、n-GaAs第3電流阻止層12を埋め込むように、n-GaAsコンタクト層13(層厚2μm)をMOCVD法により成長する。p-GaAs基板1表面とn-GaAsコンタクト層13表面にn型電極14とp型電極15を形成する。共振器長を200μmに調整し、共振器端面の反射率が65%となるようにAl<sub>2</sub>O<sub>3</sub>膜とSiを形成する。

【0047】本実施例の素子は、n型電極14とp型電極15の間に順方向電圧を印加した場合、発振波長0.78μm、閾値電流1.0mA、電流-光出力特性のスロープ効率0.8W/A、光出力3mWの動作電流は4.8mAである。雰囲気温度70℃、一定光出力3mWにおける動作電流の変化を調べると、動作電流が初期の20%増大する走行時間は10000時間以上である。また、本実施例の素子の放射光は、pn接合に平行方向の放射角15度、垂直方向の放射角25度である。

【0048】本実施例の素子では、保護層3にAlを含有する場合であるが、Al組成比が0.12~0.16であれば、大気中の酸素の度合いが少ないので、無効電流の発生を抑制できるという効果になんら支障はない。

【0049】なお、本実施例の素子では、保護層3の禁制帯幅が活性層の禁制帯幅5と略等しく、実施例1と同様に、保護層3が過飽和吸収効果を有するために、自励発振が起こり、戻り光雑音を低減できる。

【0050】なお、本発明は、以上述べた実施例に限定されるものではなく、実施例以外の層厚、Al組成比、キャリア濃度においても、本発明の効果を有する限り適用可能である。また、成長法については、MOCVD法及びMBE法、ガスソースMBE法以外に、LPE法、

ALE(原子線エピタキシー)法においても、本発明の効果を有する限り適用可能である。また、本発明はメサストライプの場合について述べたが、それ以外に円形のメサ状領域を有し、表面からレーザ光を出射する面発光レーザの場合にも適用可能である。

#### 【0051】

【発明の効果】本発明の半導体レーザ素子は、GaAs基板上にAlを含有しないInGaAsPから成る活性層を設けることにより、メサストライプ側面の活性層表面のAlの酸化に起因する無効電流発生を抑制でき、動作電流の低減が図れる。同時に、本発明の半導体レーザ素子では、クラッド層にAlを含有することにより、クラッド層の禁制帯幅を十分大きくして、活性層からクラッド層へのキャリアの漏れだしに起因する無効電流発生を抑制でき、動作電流の低減が図れる有用な半導体レーザ素子が提供できる。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施例1に係る半導体レーザ素子の断面図である。

【図2】本発明の実施例2に係る半導体レーザ素子の断面図である。

【図3】本発明の実施例3に係る半導体レーザ素子の断面図である。

【図4】本発明の実施例4に係る半導体レーザ素子の断面図である。

【図5】本発明の実施例5に係る半導体レーザ素子の断面図である。

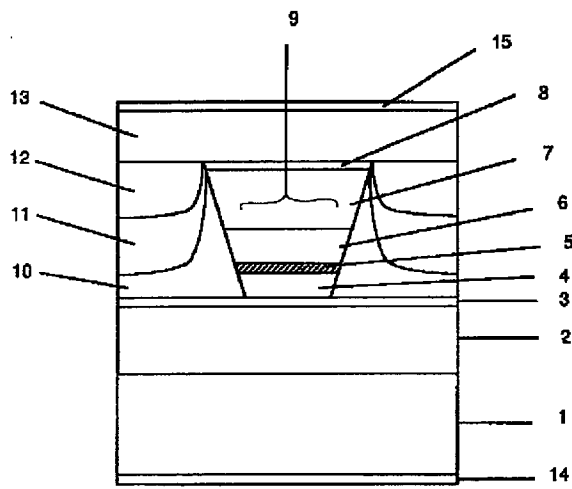
【図6】従来の半導体レーザ素子の断面図である。

#### 【符号の説明】

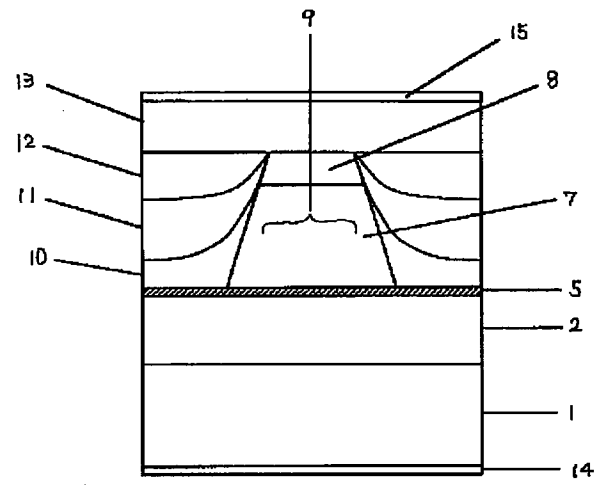
- 1 GaAs基板
- 2 第1クラッド層
- 3 保護層
- 4 第1ガイド層
- 5 InGaAsP活性層
- 6 第2ガイド層
- 7 第2クラッド層
- 10 第1電流阻止層
- 11 第2電流阻止層
- 12 第3電流阻止層
- 21 高抵抗層
- 23 誘電体膜



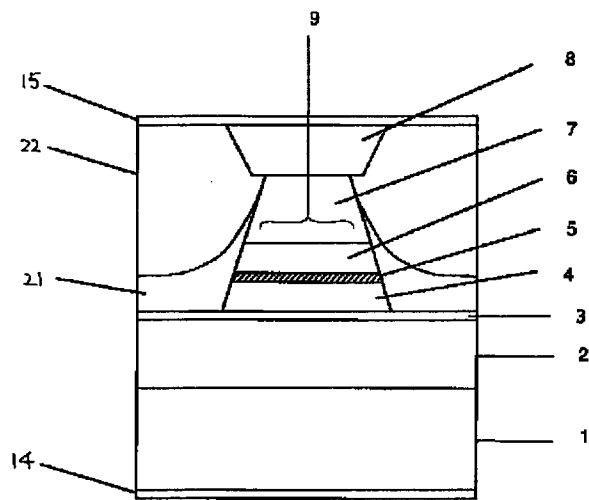
【図1】



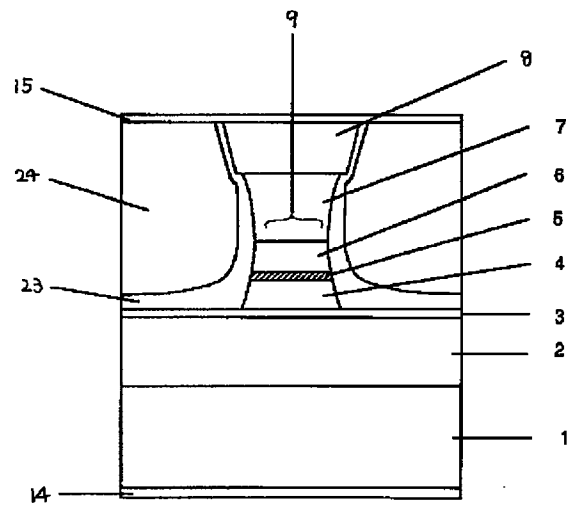
【図2】



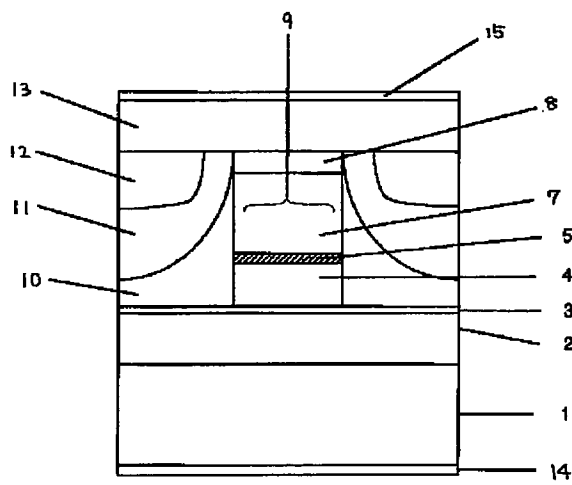
【図3】



【図4】



【図5】



【図6】

